

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053254

International filing date: 03 December 2004 (03.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 103 59 569.4  
Filing date: 18 December 2003 (18.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EP/04/53254

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 59 569.4

**Anmeldetag:** 18. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Keramischer Schichtverbund

**IPC:** G 01 N 27/407

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. November 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



5

R. 306642

10 04.12.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

15

Keramischer Schichtverbund

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem keramischen Schichtverbund nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

25 Ein solcher Schichtverbund wird als Heizeinrichtung in Sensorelementen für elektrochemische Messfühler, z.B. für Lambdasonden zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgas von Brennkraftmaschinen, oder als Temperaturfühler zur Bestimmung der Temperatur eines Mediums, insbesondere des Abgases von Brennkraftmaschinen, verwendet. Der Schichtaufbau wird beispielsweise durch Foliengießen, Siebdrucken, Laminieren und Sintern erhalten.

Bei einem bekannten Sensorelement für eine Lambdasonde (DE 198 34 276 A1) sind insgesamt drei Festelektrolytschichten vorhanden, und die Widerstandsbahn mit ihren beiden Zuleitungsbahnen ist zwischen zwei Isolationsschichten eingebettet, die jeweils eine

35 Festelektrolytschicht bedecken, wobei rings um die beiden Isolationsschichten ein Dichtrahmen angebracht ist, der aus dem gleichen Material wie die Festelektrolytschichten besteht. Während die untere Festelektrolytschicht als Trägerschicht dient, auf der die untere Isolationsschicht aufliegt, ist in der die obere Isolationsschicht überdeckenden Festelektrolytschicht ein Referenzgaskanal ausgespart. Auf diese Festelektrolytschicht ist die

40 dritte Festelektrolytschicht aufgesetzt, die auf ihrer Oberseite eine von einer Schutzschicht

5 bedeckte, äußere Mess- oder Nernstelektrode und auf ihrer unteren Seite im Bereich des Referenzgaskanals eine innere Mess- oder Referenzelektrode trägt. Die Festelektrolytschichten enthalten im wesentlichen Zirkoniumoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) und die Isolationsschichten Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Nach Aufbringen der Schichten, z.B. im Siebdruckverfahren oder durch Laminieren von gegossenen Folien, wird das Sensorelement  
10 bei einer Temperatur von z.B.  $1300 - 1600^\circ$  gesintert.

Infolge unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten der für die Festelektrolytschichten und die Isolationsschichten verwendeten Materialien entstehen, nachdem sich bei der Sinterung ein spannungsfreier Zustand eingestellt hat, beim Abkühlen des Sensorelements im  
15 Innern der Isolationsschichten Druckspannungen. Auch die in den Isolationsschichten eingebettete Widerstandsbahn liegt frei in einem in den Isolationsschichten sich ausbildenden Isolationskanal ein, da der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials der Widerstandsbahn, ebenso wie der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials der Festelektrolytschichten, größer ist als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials der Isolationsschichten. Der  
20 bei Sintertemperatur herrschende spannungsfreie Zustand wird bei genügend langsamen Abkühlen auch noch bis zu einer weit unterhalb der Sintertemperatur liegenden Temperatur, der sog. Inversionstemperatur, beibehalten. Bei weiterer Abkühlung stellen sich dann die Druckspannungen ein. Wird im Betrieb des Sensorelements die Inversionstemperatur überschritten, so kehren sich die Spannungsverhältnisse um, und die Isolationsschichten  
25 erfahren jetzt durch die sich stärker ausdehnenden Festelektrolytschicht und Widerstandsbahn eine Zugspannung. Durch diese Zugspannungen entstehen in den Isolationsschichten Risse, die sich quer zur Längsrichtung der Isolationsschichten ausbreiten und zur Zerstörung des Sensorelements führen, sobald sie die Isolationsschichten und Festelektrolytschichten durchtrennen und Abgas in den Referenzgaskanal eintritt. Aufgrund der niedrigen kritischen  
30 Zugspannung des Materials der Isolationsschichten können schon kleine Zugspannungen rissauslösend wirken.

Um die Lebensdauer des Sensorelements zu erhöhen, werden bei dem bekannten Sensorelement dem aluminiumoxidhaltigen Material der Isolationsschichten vor dem Sintern  
35 Porenbildner zugesetzt. Durch dieses gezielte Einbringen einer Porosität in das Material der Isolationsschichten wird die Elastizität der Isolationsschichten erhöht und damit die Druck- und Zugspannungen reduziert. Die Reduktion der Materialspannungen tritt aber im wesentlichen im Innern der Isolationsschichten auf und nimmt mit Annäherung an

5 Grenzflächen der Isolationsschichten ab, da hier eine offene Oberfläche vorliegt, in die die Risse gut eintreten können. Solche Grenzflächen treten insbesondere zur Widerstandsbahn hin auf, wo das Material der Isolationsschichten den von der Widerstandsbahn ausgefüllten Isolationskanal ausgeformt hat.

10 Bei einem bekannten Temperaturfühler zur Bestimmung der Temperatur eines Mediums, insbesondere des Abgases von Brennkraftmaschinen (DE 100 45 940 A1), weist der Schichtverbund eine Trägerschicht aus einem keramischen Oxidmaterial, z.B. yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid, zwei Isolationsschichten aus z.B. Aluminiumoxid, die zwischen sich die elektrische Widerstandsbahn mit zwei elektrischen Zuleitungsbahnen  
15 einschließen und von den die eine auf der Trägerschicht aufgebracht ist, und eine die von der Trägerschicht abgekehrte andere Isolationsschicht bedeckende Abdeckschicht auf, die aus dem gleichen Material wie die Trägerschicht besteht. Die Widerstandsbahn ist mäanderförmig ausgeführt, während die beiden Zuleitungsbahnen parallel zueinander verlaufen. Die Widerstandsbahn, die den Messbereich des Temperaturfühlers bildet, weist einen größeren  
20 elektrischen Widerstand auf als die beiden Zuleitungsbahnen. Dies wird erreicht durch eine Variation der Materialzusammensetzung in der Widerstandsbahn einerseits und in den Zuleitungsbahnen andererseits. Alle Bahnen sind aus Platinpasten hergestellt, die Platin und Aluminiumoxid sowie einen Binder enthalten. Durch unterschiedliche prozentuale Anteile von Platin und Aluminiumoxid wird der spezifische Ohmsche Widerstand des Material für  
25 Widerstandsbahn und Zuleitungsbahn manipuliert. Widerstandsbahn und Zuleitungsbahnen werden durch Aufdrucken der Platinpaste auf die eine Isolationsschicht hergestellt.

#### Vorteile der Erfindung

30

Der erfindungsgemäße keramische Schichtverbund mit dem Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass durch die große Breite der Widerstandsbahn, deren Maximierung lediglich durch die Breite des Schichtverbunds begrenzt ist, die Neigung der Isolation zur Rissbildung deutlich reduziert wird. Dies ist zum einen dadurch bedingt, dass die breitere  
35 Widerstandsbahn die Wärme über eine große Fläche an die Isolation abgibt und daher beim schnellen Aufheizen weniger überhitzt wird. Zum anderen führen bei der breiten Widerstandsbahn beim Siebdruck entstehende Fehlstellen weit weniger schnell zu Engstellen in der Widerstandsbahn als bei einer schmalen Widerstandsbahn. Dadurch treten keine oder



- 5 wesentlich weniger lokale Überhitzungen (Hot Spots) auf, die den eingangs beschriebenen Rissmechanismus auslösen. Wird beispielsweise die Breite der Widerstandsbahn größer als 500  $\mu\text{m}$  gemacht, so beträgt die Relation zu den seitlichen Schwankungen des Siebdrucks, mit dem die Widerstandsbahn gedruckt wird, weniger als 5%. Dadurch werden Widerstandsschwankungen, die die Hot Spots auslösen, kleiner als 5%. Zudem mitteln sich
- 10 die beim Siebdruck aufgrund von Höhenschwankungen der Isolationsschicht entstehenden Schwankungen in der Bahndicke der Widerstandsbahn wegen der größeren Breite der Widerstandsbahn besser heraus, da das Verhältnis von Breite zu Querschnitt der Widerstandsbahn erfindungsgemäß recht groß ist, z.B. größer als  $1/14 \mu\text{m}$ . Durch den unterschiedlich großen spezifischen Ohmschen Widerstand des für die Zuleitungsbahn
- 15 einerseits und die Widerstandsbahn andererseits verwendeten Materials, z.B. Platin oder Platinlegierungen mit unterschiedlich großen Anteilen von Aluminiumoxid oder Legierungsbestandteilen, wird das Widerstandsverhältnis zwischen Widerstandsbahn und Zuleitungsbahnen in Hinblick auf die Konzentration der Heizleistung in der Widerstandsbahn günstig gehalten.
- 20 Durch die in den weiten Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Schichtverbunds möglich.
- 25 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der spezifische Ohmsche Widerstand des Materials der Widerstandsbahn mindestens doppelt so groß gewählt wie der spezifische Ohmsche Widerstand des Materials der Zuleitungsbahnen. Dabei ist vorzugsweise der Temperaturkoeffizient des Materials der Widerstandsbahn kleiner als der Temperaturkoeffizient des Materials der Zuleitungsbahnen.
- 30 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Breite der Widerstandsbahn größer als die einer Zuleitungsbahn, wobei vorzugsweise die Breite der Widerstandsbahn mindestens 50% größer ist als die Breite einer Zuleitungsbahn.
- 35 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besteht die Isolierung, in der die Widerstandsbahn eingebettet ist, aus einer auf der einen Festelektrolytschicht aufgetragenen ersten Isolierschicht, auf der zumindest die Widerstandsbahn aufgedruckt ist, und einer zumindest die Widerstandsbahn bedeckenden zweiten Isolierschicht. Vorzugsweise bedecken

5 die beiden Isolierschichten auch die Leiterbahnen. Die Isolierschichten sind vorzugsweise aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) hergestellt.

## Zeichnung

10

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt eines Sensorelements für eine  $\lambda=1$ -Sonde längs der Linie I – I in Fig. 2,

15

Fig. 2 einen Längsschnitt des Sensorelements gemäß Linie II – II in Fig. 1,

20

Fig. 3 jeweils eine gleiche Darstellung wie in Fig. 2 und 4 gemäß weiterer Ausführungsbeispiele des Sensorelements.

## 25 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das in Fig. 1 im Querschnitt dargestellte Sensorelement für eine Sprung- oder  $\lambda=1$ -Sonde zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgas von Brennkraftmaschinen weist einen Schichtverbund 10 auf, dessen einzelne, aufeinanderliegende Schichten durch Dichtschichtprozesse, wie Foliengießen und/oder durch Siebdruck hergestellt werden. Eine untere erste Festelektrolytschicht 11 dient als Träger für den Aufbau des Schichtverbunds 10, während eine obere zweite Festelektrolytschicht 12 auf ihrer Oberseite eine äußere Messelektrode oder Nernstelektrode 14 und auf ihrer Unterseite eine innere Messelektrode oder Referenzelektrode 15 trägt. Auf der ersten Festelektrolytschicht 11 ist ein elektrischer Heizer 16 angeordnet, und zwischen elektrischem Heizer 16 und der zweiten Festelektrolytschicht 12 liegt eine dritte Festelektrolytschicht 13, in der im Bereich der Referenzelektrode 15 ein Referenzgaskanal 17 ausgespart ist, der mit einem Referenzgas, vorzugsweise Luft, in Verbindung steht. Die Nernstelektrode 14 ist von einer die Oberfläche

5 der zweiten Festelektrolytschicht 12 überziehenden, porösen Schutzschicht 18 abgedeckt. Alle Festelektrolytschichten 11 bis 13 sind aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) hergestellt.

10 Der elektrische Heizer 16 umfasst eine in einer Isolierung eingebettete elektrische Widerstandsbahn 20 und zwei Zuleitungsbahnen 24, 25 zu der Widerstandsbahn 20. Die Isolierung besteht aus einer unteren Isolationsschicht 21, die auf der ersten Festelektrolytschicht 11 aufliegt, und einer oberen Isolationsschicht 22, die an der dritten Festelektrolytschicht 13 anliegt. Die Isolationsschichten 21, 22 sind im wesentlichen aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) hergestellt und können noch Zusätze enthalten. Beide  
15 Isolationsschichten 21, 22 sind jeweils auf der zugeordneten Festelektrolytschicht 11 bzw. 13 befestigt, z.B. durch einen Folienkleber oder durch Aufdrucken. Die beiden Isolationsschichten 21, 22 sind von einem Dichtrahmen 23 umgeben, der ebenso wie die Festelektrolytschichten 11 – 13 aus Zirkoniumoxid besteht. Wie aus der Schnittdarstellung gemäß Fig. 2 zu erkennen ist, ist die Widerstandsbahn 20 einstückig an den beiden parallel  
20 zueinander verlaufenden Leiterbahnen 24, 25 angeschlossen, die ebenfalls in den beiden Isolationsschichten 21, 22 eingebettet sind. Jede Leiterbahn 24, 25 ist an ihrem von der elektrischen Widerstandsbahn 20 abgekehrten Ende durch die erste Festelektrolytschicht 11 hindurch auf eine auf die freie Oberfläche der ersten Festelektrolytschicht 11 aufgedruckte Kontaktfläche kontaktiert. Über die beiden Kontaktflächen ist die elektrische  
25 Widerstandsbahn 20 an eine Stromquelle, z.B. an die Bordnetzspannung des Fahrzeugs, anschließbar. Die elektrische Widerstandsbahn 20 ist, ebenso wie die Leiterbahnen 24, 25 und die Kontaktflächen mit Durchkontaktierung, aus Platin oder einem Platincermet hergestellt. Nach Herstellung des Schichtverbunds 10 wird dieser bei einer Temperatur von ca. 1300 – 1600°C gesintert und anschließend abgekühlt.

30

Das Aluminiumoxid der Isolationsschichten 21, 22, das die Isolationsschichten 21, 22 umgebenden Zirkoniumoxid der Festelektrolytschichten 11, 13 und des Dichtrahmens 23 sowie das Platin der elektrischen Widerstandsbahn 20 weisen recht unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, wobei die Wärmeausdehnungskoeffizienten des  
35 Zirkoniumoxids und des Platins größer sind als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Aluminiumoxids. Beim Sintern stellt sich ein spannungsfreier Zustand ein, der bei genügend langsamem Abkühlen auch noch bis zu einer bestimmten Temperatur unterhalb der Sintertemperatur vorliegt. Bei weiterem Abkühlen unter die sog. Inversionstemperatur



5 entstehen im Innern der Isolationsschichten 21, 22 Druckspannungen. Wird das Sensorelement im Betrieb schnell über die Inversionstemperatur hinaus erwärmt, kehren sich die Spannungsverhältnisse im Schichtverbund 10 um, so dass das Aluminiumoxid der Isolationsschichten 21, 22 jetzt vom Zirkoniumoxid und dem Platin einer Zugspannung unterworfen wird. Die maximale Zugspannungskomponente ist dabei entlang der  
10 Längserstreckung des Schichtverbunds 10 am größten. Durch die Zugspannungen bilden sich im Aluminiumoxid Risse, die sich senkrecht zur größten Zugspannung, also in der Querebene des Schichtverbunds 10, ausbreiten und zur Zerstörung der Funktion des Sensorelements führen können.

15 Um die Gefahr der Rissauslösung zu minimieren sind folgende Maßnahmen getroffen:

In einem ersten Druckschritt werden die beiden Zuleitungsbahnen 24, 25 aus einem Material mit einem kleinen spezifischen Ohmschen Widerstand auf die Isolationsschicht 21 aufgedruckt. Hierfür wird eine Platinpaste mit einem Aluminiumoxid-Stützgerüst von z.B.  
20 5% verwendet. Im zweiten Druckschritt wird die Widerstandsbahn 20 aus einem Material mit wesentlich größerem spezifischen Ohmschen Widerstand in Mäanderform auf die untere Isolationsschicht 21 aufgedruckt. Der spezifische Ohmsche Widerstand des Materials für die Widerstandsbahn 20 ist dabei mindestens doppelt so groß gewählt, wie der des Materials für die Zuleitungsbahnen 24, 25 und der Temperaturkoeffizient des Materials der  
25 Widerstandsbahn 20 ist kleiner als der des Materials der Zuleitungsbahnen 24, 25. Auch hier wird eine Platinpaste verwendet, die jedoch ein Aluminium-Stützgerüst von z.B. 30% besitzt. Die Widerstandsbahn 20 erhält dabei eine recht große Breite, die bezogen auf die zur Verfügung stehende Breite der Isolationsschicht 21 größtmöglich gewählt wird. Die Breite der Widerstandsbahn 20 ist größer als die Breite der Zuleitungsbahnen 24, 25 und ist  
30 mindestens 50% größer gewählt. Beispielhaft ist die Breite der Widerstandsbahn 20 560  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise um die 1000  $\mu\text{m}$  bemessen.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist die Widerstandsbahn 20 in drei Mäanderwindungen mit insgesamt vier parallelen Mäanderschenkeln 201 – 204 auf die untere Isolationsschicht 21  
35 aufgedruckt. Die einander zugekehrten inneren Mäanderschenkel 202, 203 besitzen in ihrer Bahnbreite jeweils eine lokale Verbreiterung. Die Dicke, mit der die Widerstandsbahn 20 und die Zuleitungsbahnen 24, 25 aufgedruckt werden, ist vorzugsweise gleich und wird kleiner als 14  $\mu\text{m}$  gewählt. Dabei ist die Mindestdicke der Widerstandsbahn 20 aufgrund des

- 5 Zusammenhalts der Platinkörnern mit ca. 5  $\mu\text{m}$  vorgegeben. Die maximale Breite der Widerstandsbahn 20 ist durch die Breite begrenzt, die von der unteren Isolationsschicht 21 vorgegeben ist, wobei noch zusätzlich Zwischenräume zwischen den Mäanderschenkeln 201 – 204 berücksichtigt werden müssen. Auch diese Zwischenräume werden minimiert.
- 10 Durch die extreme Breite der Widerstandsbahn 20 führen Fehlstellen in der Widerstandsbahn 20, die beim Drucken der Widerstandsbahn 20 entstehen, anders als bei schmalen Widerstandsbahnen nicht zu Engstellen, die infolge ihres größeren Widerstands lokale Überhitzungen bewirken und damit den vorstehend beschriebenen Rissmechanismus in den Isolationsschichten 21, 22 aus Aluminiumoxid auslösen. Auch ist durch die große Breite der
- 15 Widerstandsbahn 20 das Verhältnis von Breite zu Querschnitt recht groß, im genannten Ausführungsbeispiel größer 1/14  $\mu\text{m}$ , so dass Schwankungen in der Dicke der Widerstandsbahn 20 aufgrund von Höhenschwankungen der unteren Isolationsschicht 21 sich wegen der großen Breite der Widerstandsbahn 20 weitgehend herausmitteln.
- 20 In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 ist eine extrem breite Widerstandsbahn 20 auf die untere Isolationsschicht 21 aufgedruckt. In der Platinpaste für die Widerstandsbahn 20 sind extrem feine Platinkörner mit einem Korndurchmesser von 200 nm bis 1  $\mu\text{m}$  verwendet. Ein solches feinkörniges Platin wird Nano-Platin genannt. Das Nano-Platin wird in einer geringgefüllten Paste mit einem Anteil von 50% eingesetzt, und nach der Entfernung des
- 25 Binders wird die extrem dünne Widerstandsbahn 20 mit einer Bahndicke kleiner als 5  $\mu\text{m}$  erhalten.
- 30 Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind die drei Mäanderwindungen der Widerstandsbahn 20 mit den vier Mäanderschenkeln 201 – 204 als Netz gedruckt. Dadurch wird die Anzahl der Kanten, die Streuungen des Siebdrucks unterworfen sind, wesentlich erhöht, und die Widerstandsschwankungen über den Verlauf der Widerstandsbahn 20 mitteln sich weitgehend heraus. Insgesamt entsteht eine Widerstandsbahn 20 mit über die Bahnlänge nahezu konstantem Widerstand, und örtliche Widerstandsschwankungen, die zu Hot Spots führen, sind eliminiert.
- 35 Der erfindungsgemäße Schichtverbund mit der in einer Isolierung eingebetteten elektrischen Widerstandsbahn 20 ist nicht nur als elektrischer Heizer für eine  $\lambda=1$ -Sonde oder eine Breitband-Lambdasonde geeignet. Er kann auch als Temperaturfühler, z.B. zur Messung der

5 Temperatur des Abgases von Brennkraftmaschinen, eingesetzt werden. Ein solcher Temperaturfühler ist in der DE 100 45 940 A1 beschrieben. In diesem Fall wird auf die obere Isolationsschicht 22 noch eine Abdeckschicht aufgedruckt, die aus dem gleichen Material bestehen kann wie die erste Festelektrolytschicht 11. Alternativ kann auf diese Abdeckschicht verzichtet und die obere Isolationsschicht 22 gasdicht gesintert werden.

10

In einer Abwandlung des Schichtverbundes, bei dem die Widerstandsbahn 20 und die Zuleitungsbahnen 24, 25 aus Platin und die Festelektrolytschichten 11, 12 aus einem Zirkoniumoxid, in dem nur ein Bruchteil des Stroms im Platin fließt, bestehen, kann auf eine Einbettung der Zuleitungsbahnen 24, 25 in eine elektrische Isolierung verzichtet werden.

15

5

R. 306642

10 04.12.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

15

### Ansprüche

1. Keramischer Schichtverbund mit mindestens einer Festelektrolytschicht (11), mit einer elektrischen, insbesondere mäanderförmig verlaufenden Widerstandsbahn, die in einer Isolierung eingebettet ist, und mit zwei elektrischen Zuleitungsbahnen (24, 25) zur Widerstandsbahn (20), dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsbahn (20) aus einem Material mit einem gegenüber dem Material der Zuleitungsbahnen (24, 25) größeren spezifischen Ohmschen Widerstand besteht und bei geringer Bahndicke eine größtmögliche Bahnbreite aufweist.

25

2. Schichtverbund nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifische Ohmsche Widerstand des Materials der Widerstandsbahn (20) mindestens doppelt so groß ist wie der spezifische Ohmsche Widerstand des Materials der Zuleitungsbahnen (24, 25) ist.
3. Schichtverbund nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperaturkoeffizient des Materials der Widerstandsbahn (20) kleiner ist als der des Materials der Zuleitungsbahnen (24, 25).
4. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Widerstandsbahn (20) größer ist als die Breite einer Zuleitungsbahn (24, 25).

35

- 5 5. Schichtverbund nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Widerstandsbahn (20) mindestens 50% größer ist als die Breite einer Zuleitungsbahn (24, 25).
- 10 6. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der Widerstandsbahn (20) größer als 500  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise ca. 1000  $\mu\text{m}$ , bemessen ist.
7. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bahndicke der Widerstandsbahn (20) kleiner als 14  $\mu\text{m}$  ist.
- 15 8. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsbahn (20) aus einer hochohmigen Platinpaste besteht.
- 20 9. Schichtverbund nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die hochohmige Platinpaste ein Aluminiumoxid-Stützgerüst von ca. 30% aufweist.
10. Schichtverbund nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bahndicke der Widerstandsbahn (20) mindestens ca. 5  $\mu\text{m}$  beträgt.
- 25 11. Schichtverbund nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Platinpaste Nano-Platin enthält und die Bahndicke der Widerstandsbahn (20) kleiner 5  $\mu\text{m}$  bemessen ist.
- 30 12. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsbahn (20) drei Mäanderwindungen mit insgesamt vier parallel zueinander verlaufenden Mäanderschenkeln (201 - 204) aufweist und dass die einander zugekehrten, innenliegenden Mäanderschenkel (202, 203) in ihrer Bahnbreite lokal verbreitert sind.
- 35 13. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuleitungsbahnen (24, 25) aus einer niederohmigen Platinpaste bestehen.
14. Schichtverbund nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Platinpaste ein Aluminium-Stützgerüst von ca. 5% aufweist.



5

15. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 – 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Bahndicke von Widerstandsbahn (20) und Zuleitungsbahnen (24, 25) gleich bemessen ist.

10 16. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 – 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierung aus einer auf die Festelektrolytschicht (11) aufgebrachten ersten Isolationsschicht (21), auf der die Widerstandsbahn (20) angeordnet ist, und einer die Widerstandsbahn (20) bedeckenden zweiten Isolationsschicht (22) besteht.

15 17. Schichtverbund nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (21) die Festelektrolytschicht (11) überzieht, die Widerstandsbahn (20) und die Zuleitungsbahnen (24, 25) auf der ersten Isolationsschicht (21) aufgedruckt sind und die zweite Isolationsschicht (22) die Widerstandsbahn (20) und die Zuleitungsbahnen (24, 25) bedeckt.

20

18. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 – 17, gekennzeichnet durch seine Verwendung als elektrischer Heizer (16) bei einem Sensorelement zur Messung einer physikalischen Eigenschaft eines Gases, vorzugsweise zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Abgas von Brennkraftmaschinen, indem das Sensorelement mit einer Festelektrolytschicht (11) an die von der Festelektrolytschicht (11) abgekehrte Seite der in der Isolierung eingebetteten Widerstandsbahn (20) angesetzt ist.

25

19. Schichtverbund nach einem der Ansprüche 1 – 17, gekennzeichnet durch seine Verwendung als Temperaturfühler zur Messung der Temperatur eines Mediums, insbesondere des Abgases von Brennkraftmaschinen.

30

5

R. 306642

10

04.12.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

15

### Keramischer Schichtverbund

#### Zusammenfassung

25

Es wird ein keramischer Schichtverbund angegeben, der mindestens eine Festelektrolytschicht (11), eine in eine Isolierung eingebettete, insbesondere mäanderförmig verlaufende elektrische Widerstandsbahn (20) und zwei elektrische Zuleitungsbahnen (24, 25) zur Widerstandsbahn (20) aufweist. Zur Reduzierung der Gefahr von Rissbildungen in der Isolierung besteht die Widerstandsbahn (20) aus einem Material mit einem gegenüber dem Material der Zuleitungsbahnen (24, 25) größeren spezifischen Ohmschen Widerstand und besitzt bei geringer Bahndicke eine größtmögliche Breite (Fig. 2).

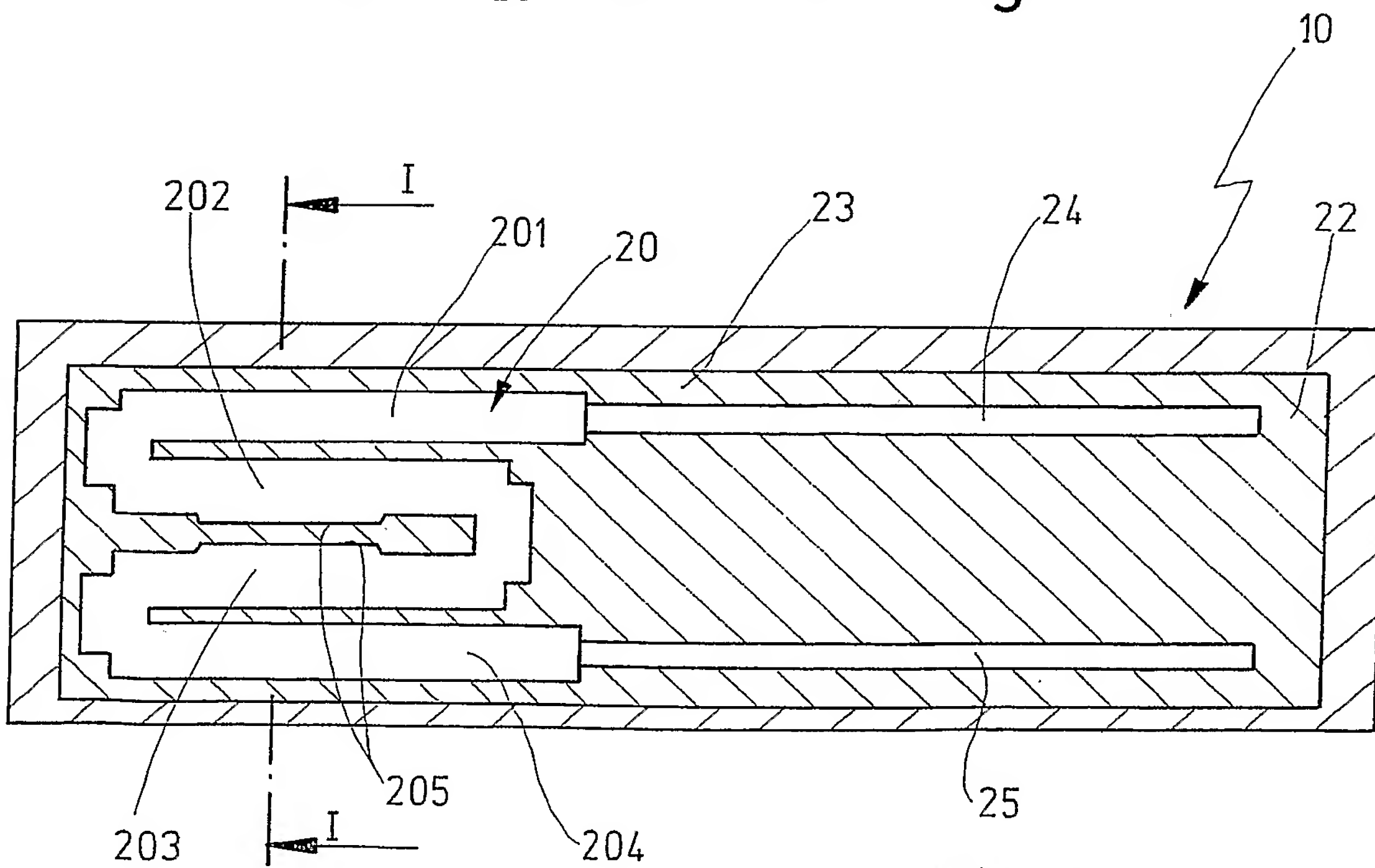
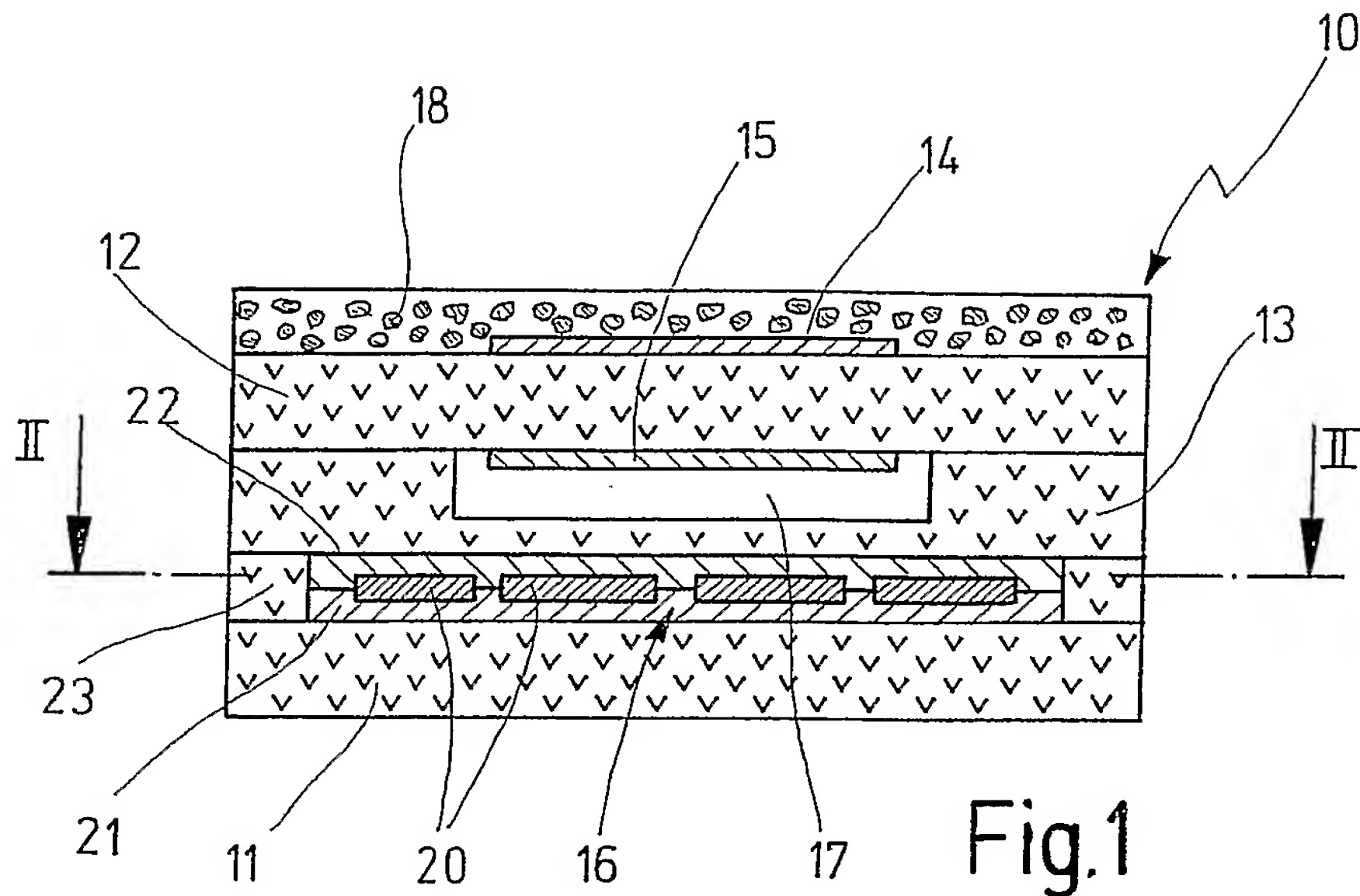


Fig.2

